



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

TESIS

**EFFECTO DE LA INULINA EN EL ÍNDICE GLUCÉMICO DE
JARABE DE AGAVE**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUÍMICO FARMACOBIOLOGO**

PRESENTA

FELIPE PEÑALOZA HERNÁNDEZ

ASESOR DE TESIS:

D.C. CARLOS RUBÉN SOSA AGUIRRE

MORELIA, MICH. SEPTIEMBRE DE 2010



Índice de contenido	Pagina
CONTENIDO	
1.- RESUMEN.....	4
2.- INTRODUCCIÓN.....	5
3.- JUSTIFICACIÓN.....	8
4.- ANTECEDENTES.....	9
4.1 Agave. Definición, variedades.....	9
4.2 Inulina.....	11
4.3 La inulina como alimento funcional.....	12
4.3.1 Fructanos y sus beneficios.....	13
4.4 Jarabe de agave, descripción, métodos de producción.....	15
Hidrólisis térmica.....	18
Hidrólisis ácida.....	18
Hidrólisis enzimática.....	18
4.5 Importancia del jarabe de agave como sustituto de azúcar.....	21
4.6 Índice glucémico, descripción.....	22
4.6.1.- Metabolismo de la fructosa.....	25
4.6.2- Jarabe de agave y su relación con la fructosa.....	26
5.- HIPÓTESIS.....	27
6.- OBJETIVOS.....	28
7.- MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	29
8.- ALIMENTOS PRUEBA.....	30
9.- DETERMINACIÓN DE ÍNDICE GLUCÉMICO.....	31
10.- MEDICIÓN DE LAS CONCENTRACIONES EN PLASMA.....	33
11.- RESULTADOS.....	34

12.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	40
13.- DISCUSIÓN.....	41
14.- CONCLUSIÓN.....	45
15.- BIBLIOGRAFÍA.....	46

1. Resumen

En la actualidad existen diversos edulcorantes, que prometen tener bajo índice glucémico, por lo que en este trabajo, nuestra investigación se orienta al estudio de un jarabe de agave como edulcorante de origen natural de bajo índice glucémico, probándolo en individuos sanos que previamente seleccionamos por tener un IMC entre 19-25 y por ser tolerantes a la glucosa. Se estudio el efecto que la inulina tiene en el Índice Glucémico (IG) del jarabe de agave. Así, se elaboraron dos jarabes variando únicamente en el contenido. Esto con la finalidad de demostrar que la adición de fructanos de agave no modifican los valores de IG de manera significativa. Se encontraron valores de IG de 27 para el jarabe sin inulina y de 23 para el jarabe con inulina. Se determinó que no había diferencia significativa usando la prueba de Fisher LSD. En conclusión, encontramos que la inulina no modifica los valores de IG de forma significativa al ser adicionada al jarabe de agave.

2. INTRODUCCIÓN

El jarabe de agave se extrae por diversos de métodos a partir de plantas de agave, la fructosa se encuentra en el agave formando polímeros de fructosa como la inulina u otros fructanos como los FOS (Fructo Oligosacaridos) ¹, ambos con propiedades prebióticas². (Urías-Silvas y López, 2004) que ya se explotan comercialmente.

Dentro de la familia de los prebióticos se encuentra la inulina de agave, la cual está presente en esta planta y es un ingrediente natural de la agavácea. Es usada en la Industria alimenticia para el reemplazo de azúcar, grasa o como fibra dietética. Presenta propiedades metabólicas benéficas ya que ayuda a regular el tránsito intestinal, contribuye a una mejor absorción del calcio, estimula las defensas naturales de la flora intestinal, reduce el colesterol y los niveles de azúcar en la sangre. Es muy útil en las afecciones hepáticas, favorece las funciones del hígado (Legorreta, 2002).

En el contexto de los alimentos, en donde la inulina ha cobrado un auge importante, diremos que todos los alimentos solos o mezclados con inulina proporcionan valores idénticos de IG (índice glucémico), término que definimos técnicamente como: *un valor usado para clasificar alimentos respecto a la*

¹ **Fructooligosacáridos (FOS):** Fructanos de agave cuyo grado de polimerización se encuentra entre 2 y 11 unidades.

² **Prebiótico:** Alimentos que favorecen el crecimiento de las bacterias presentes en el colon, más que proporcionar bacterias exógenas.

respuesta de glucosa sanguínea postprandial en comparación con un alimento referencia. Este término considera valores de IG en los cuales se clasifican los alimentos solos o mezclados. Se consideran valores de IG bajos aquellos que están por debajo de las 55 unidades, medio cuando están entre 56-69 y altos aquellos que superan las 70 unidades. Para clasificarlos, no solamente se utiliza el IG como herramienta sino también otro parámetro conocido como carga glucémica³, este parámetro maneja al igual que el IG valores que se denominan como bajos con valores menores o igual a 10, medio de 11-19 y altos de 20 en adelante (Arteaga Llona., 2006).

Un alimento de bajo IG es aquel que, en un periodo corto no permite que la concentración de glucosa postprandial se eleve de la misma forma que un alimento de alto IG o como la misma glucosa, en el torrente sanguíneo. Entre los alimentos de bajo IG se encuentra el jarabe de agave el cual se compone principalmente de fructosa, es utilizado como edulcorante por su poder endulzante que es mayor al del azúcar de mesa y presenta un bajo IG, en comparación con el azúcar común.

Cabe mencionar que en la actualidad los desordenes alimenticios han dado lugar a enfermedades relacionadas con el metabolismo, principalmente de azúcares, de las cuales las más conocidas en este aspecto son: la diabetes mellitus tipo I y la tipo II. La etiología de la tipo I abarca factores genéticos y ambientales como el consumo de azúcares refinados, el sedentarismo y sobre

³ La carga glucémica; determina la velocidad con que se eleva la glucomia en sangre, y nos muestra cuantos carbohidratos absorbe el cuerpo.

todo, la obesidad (*López-Carmona y col., 2003*). Por lo que en ese contexto se propone la ingesta de alimentos de bajo IG.

Así, los jarabes con y sin inulina aparecen como una alternativa para personas con diabetes y obesidad. Encontramos que existe mucha disparidad en los valores en los valores de IG de los jarabes de agave comerciales con inulina y aquellos que no la tienen. Este trabajo pretende determinar si existe una relación entre el contenido de inulina en jarabe y su IG.

3. JUSTIFICACIÓN

La falta de información en los productos, derivados de agave, que se consumen de bajo IG y el efecto que la inulina presenta en dicho parámetro no está claramente definido, más aún los resultados con los que se cuenta ahora sugieren que existe una relación entre el IG y el contenido de inulina-fructosa. En nuestro grupo de trabajo, estamos investigando estas dos vertientes, para determinar con certeza, haciendo el estudio en individuos sanos, el impacto que tiene la fructosa y la inulina en el IG del jarabe de agave por el cual está compuesto. Este trabajo se enfoca en el papel que tiene la inulina con dicho parámetro de IG y determinar si existe un beneficio al utilizar la inulina de agave, en los consumidores para tener información más certera, al momento de consumir alimentos derivados de agave.

4. ANTECEDENTES

4.1 AGAVE, DEFINICION Y VARIEDADES

El **agave** es una planta de la familia de las agaváceas de hojas largas y fibrosas de forma lanceolada, compuesta principalmente por cogollo, penca, tallo, rizoma, sistema radicular, espinas laterales y espina apical como se muestra en la figura 1, cuyo color es particular de cada variedad (NMX-ff-110-SCFI-2008), crecen de forma silvestre en varios Estados de la República Mexicana, el *Agave tequilana weber azul* es el más importante, ya que se utiliza industrialmente para la producción de bebidas alcohólicas, principalmente tequila, mezcal y pulque.

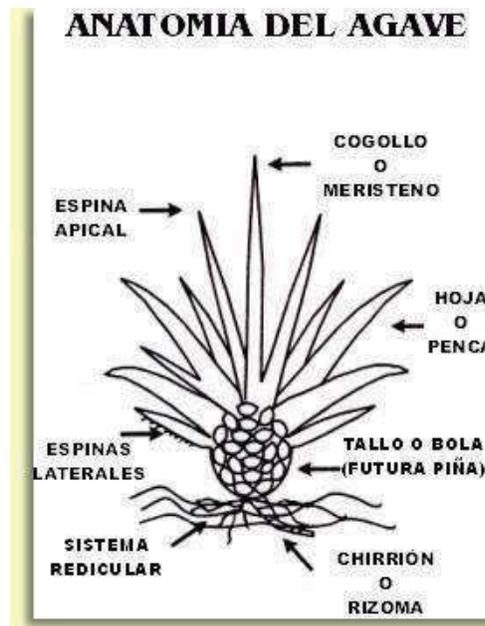


Figura 1.- Anatomía del agave

Su distribución geográfica señala que esta planta es originaria de Latinoamérica y que la mayoría de sus especies se encuentran en México, tan solo, en nuestro país prosperan al menos 136 especies, 26 subespecies, 29

variedades y 7 formas de magueyes, pero para ser aún más específicos diremos que en todo el Estado de Jalisco y en otros 4 estados de la República como: Nayarit, Tamaulipas, Guanajuato y Michoacán, esta planta crece de forma natural. Existen otras variedades de agave las cuales tienen otras aplicaciones como: el henequén (*Agave fourcroydes*) es el que se usa para producir fibras.

De acuerdo a la variedad de agave y la región se producen diversos destilados, a continuación mencionaremos ejemplos de los más representativos: *Agave salmiana* se produce el pulque, bebida fermentada muy popular en México y de baja graduación alcohólica. El *Agave angustifolia* es ampliamente utilizado en la industria del bacanora, del *Agave tequilana weber* se obtiene tequila y jarabe.

Tabla 1.- Derivados de agave en México

Mezcales	Pulques
Agua de huapilla	Charagua
Aguamiel	Chilocle
Bacanora	Chilctli
Bingú	Choco
Chichihualco	Coyote
Comiteco	Colonche
Excomuni3n	De Nanacamilpa
Jaiboli	De Apan
Lechuguilla	De Atayangas
Mezcal	Salvia de Maguey
Quitupan	Tecolio
Raicilla	Tepache
Sihuaquio	Tlahuelompa
Sisal	Tlachicoton
Tauta	Tuba
Tequila	Octli
Turicato	Pozol

Fuente: Congreso Regulador del Tequila (2000)

Salazar (2003), Valenzuela Zapata (1994).

4.2. INULINA

Después del almidón, los fructanos, más conocidos como inulina, son los polisacáridos no- estructurales más abundantes en la naturaleza y generalmente son utilizados como fuente de energía y según su origen pertenecen a las *Liliáceas* (ajo, cebolla, esparrago), a las *Compositae* (alcachofa de Jerusalén, dalia, achicoria) o las *Agaváceas* (agave).

Las inulinas presentes en las variedades de agave son de tipo heterogéneas y por lo tanto presentan cualidades diferentes a las inulinas provenientes de otras plantas, la diferencia se da principalmente en la ramificación y el tipo de enlace, características que varían de acuerdo a la especie y a las condiciones ambientales en las cuales crece el agave, generando tres grupos de diferentes de inulinas del tipo gramíneas y neofructanos, también llamados agavinas (*Mancilla-Margalli y López, 2006*). Estos últimos se diferencian por la posición de la glucosa en el enlace como se muestra en la figura 2

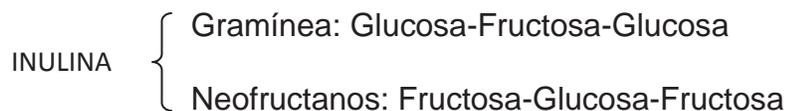


Figura 2.- Estructura de las inulinas según el origen

En el *A. tequilana weber var azul* los fructanos consisten en una compleja mezcla de fructooligosacáridos conteniendo principalmente enlaces $\beta(2 \rightarrow 1)$ y $\beta(2 \rightarrow 6)$ predominando los primeros (Figura 3). Las moléculas ramificadas se han

observado en su estructura tanto en las inulinas denominadas gramíneas como en las de tipo neofructanos (López *et al.*, 2003).

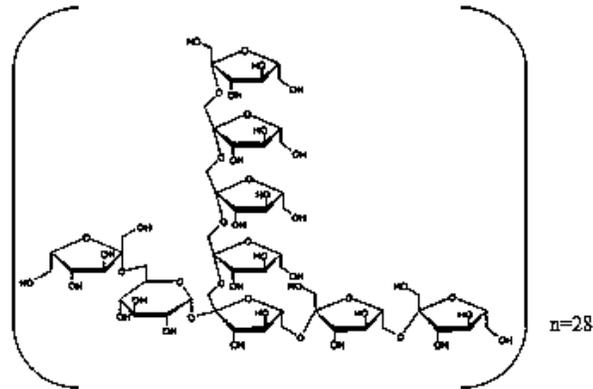


Figura 3.- Estructura de la inulina de un *Agave tequilana* de 8 años (López *et al.*, 2003)

4.3. LA INULINA COMO ALIMENTO FUNCIONAL

De acuerdo con ILSI-Europe⁴ (1995), “un alimento puede ser considerado funcional si logra demostrar científicamente que posee efectos beneficiosos para la salud sobre una o más funciones del organismo, más allá de sus propiedades nutricionales habituales, de modo tal que mejore el estado general de salud o reduzca el riesgo de alguna enfermedad o ambas cosas”

La inulina es un compuesto que se extrae de diferentes vegetales y plantas, en este caso plantas de agave, las cuales tienen gran variedad y son originarias de la República Mexicana y que industrialmente se utilizan en la producción de bebidas alcohólicas como mezcal, tequila, bacanora y pulque (Vidal Salazar., 2007).

⁴ International Life Sciences Institute Europe

4.3.1. FRUCTANOS Y SUS BENEFICIOS

Los fructanos como la inulina pertenecen a la clase de los carbohidratos no reductores que se caracterizan por tener un enlace fructosil y un enlace a una molécula de glucosa en su extremo (*Urías-Silvas y López, 2004*). Como dato histórico diremos que Thompson (1811) fue el primero en llamar a este polisacárido inulina y Gibson en conjunto con Roberfroid introdujeron el término prebiótico. La inulina, al pertenecer al grupo de los fructanos, se fermenta en el colon y solo se diferencia de los fructooligosacaridos (FOS) en su grado de polimerización, 2-60 o más para la inulina y 2-20 para los FOS proveniente también del agave (*García Peris et al, 2002*).

Los fructanos se caracterizan por ser fermentados muy bien por la flora intestinal, no importando si los fructanos son de cadena más corta como los FOS o más larga como la inulina (*Roberfroid et al, 1998*).

Para mantener el equilibrio en la flora bacteriana es importante mencionar que es necesaria la fermentación de 60 g de materia orgánica diaria para el mantenimiento del intestino, regeneración de células epiteliales y células propias del colon (*García Peris et al, 2002*).

La inulina tiene la particularidad de que al ser ingerida pasa el estómago y gran parte del intestino delgado sin sufrir alteración química, al llegar al final del intestino delgado e intestino grueso, empieza a ser digerida por bacterias anaerobias, principalmente por las llamadas bifidobacterias. Como resultado de su ingestión, la flora microbiana sufre modificación en las poblaciones bacterianas

resultando un aumento de las bifidobacterias, las cuales al digerir la inulina produce ácido láctico y ácido acético, ayudan a la síntesis de vitaminas, mejora la digestión y previenen infecciones, además tienen un efecto bactericida disminuyendo la población de bacterias patógenas existentes en el intestino. (*Legorreta, 2002*) y (*Urías-Silvas y López, 2004*).

Al aumentar el número de bacterias benéficas, por la ingesta de inulina, el pH intestinal es modificado. Un contenido intestinal más ácido reduce la acción de bacterias putrefactivas, productoras de amonio y nitrosaminas potencialmente tóxicas. Además, el butirato es un AGCC (Ácidos Grasos de Cadena Corta) y el sustrato de los colonocitos, lo que contribuye a mantener la integridad de la mucosa. El acetato y el propionato son AGCC que atraviesan la pared intestinal, dirigiéndose por vía sanguínea al hígado y tejidos periféricos (*Lutz y León., 2009*), estos AGCC, en especial el acetato y el butirato, ayudan a la regulación del metabolismo de la glucosa en tanto que disminuyen la glucemia postprandial y la respuesta insulínica (*García Peris et al, 2002*).

Estudios realizados en roedores de laboratorio mostraron que los niveles en plasma de lípidos disminuían, por otra parte los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) aumentaban al ser alimentados con una dieta rica en oligofruktosa (*Busserolles et al, 2003*).

Otro beneficio del aumento en la población de bifidobacterias en el intestino es mejorar el sistema inmunológico, asimismo ayuda en crear un medio adecuado para una mejor absorción de calcio, hierro y magnesio.

Por lo anterior, se considera que la producción industrial de inulina, ya sea de forma pura o en mezcla con otros compuestos, es importante para ser usada como complemento alimenticio o como ingrediente en alimentos para aprovechar sus propiedades de mejora en el organismo en forma de prebióticos (Legorreta, 2002, Urías-Silvas y López, 2004).

4.4. JARABE DE AGAVE, DESCRIPCION, METODOS DE PRODUCCION

El jarabe de agave es la sustancia dulce que resulta de la mezcla de agua, fructosa y glucosa principalmente, que es producida por hidrólisis de los oligosacáridos del *Agave tequilana weber azul* que resultan principalmente en fructosa, que posteriormente se concentra hasta obtener la concentración de azúcares deseada, esta puede variar desde 74 °Brix que marca la NMX-FF-110-SCFI-2008, (Tabla 2)4433120890.

Tabla 2.- Índice Glucémico de diversos edulcorantes (Sosa-Aguirre *et al.*, 2005).

Tabla de Índices glucémicos de diversos edulcorantes	
Edulcorante	U de Índice Glucémico
Jarabe de Agave, 97% fructosa	10
Jarabe de Agave, 75% fructosa	30
Miel de maple	54
Jugo de Naranja	46-57
Jugo de Manzana	28-58
Jugo de piña	46-66
Miel de abeja	37
Glucosa	100
Fructosa	39
Sacarosa	58
Jarabe de alta fructosa de maíz	89

Generalmente el proceso para la elaboración de jarabe de agave sigue una serie de pasos comunes a los diversos métodos que se han empleado y cuyas diferencias radican en las propias operaciones unitarias (Figuras 4,5 y 6).



Figura 4.- Corte de pencas del agave



Figura 5.- Piña de agave limpia

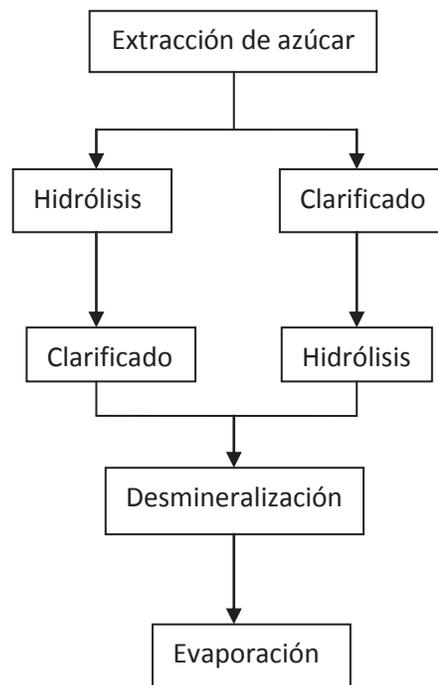


Figura 6.- Serie de pasos comunes para la elaboración de jarabe de agave

EL primer paso en la elaboración de jarabe de agave e inulina de agave es la extracción de la inulina, que se hace destazando o triturando las cabezas de agave por diversos métodos. Aquí las diferentes patentes hacen uso de las herramientas que consideran son las más adecuadas para la extracción de carbohidratos, por ejemplo la patente U.S. Patent 5846333 hace la extracción en 5 etapas con discos para remoción de fibra, a diferencia de la patente número MX 273569 B, se utilizan navajas de molinos (Figura 7) para cortar y para pulverizar, las mezclas de pulpa y fibra, se utiliza un molino de cadenas y/o erizos, es importante mencionar que entre más pequeños sean los trozos de la piña, más fácil será la extracción de carbohidratos, por el aumento de área de transferencia del material con el solvente en el proceso de difusión.



Figura 7.- Navajas de molino

Los jugos de agave ricos en inulina deben someterse a un proceso de hidrólisis para liberar fructosa de la inulina y se han utilizado tres métodos diferentes.

Hidrólisis térmica: en este tipo de hidrólisis, como su nombre lo indica, la reacción se lleva a cabo en condiciones de alta temperatura. Sus riesgos son si la

temperatura es muy elevada se llega a la caramelización de azúcares, formando colores y sabores indeseables. Por el contrario, si es muy baja es posible que no haya hidrólisis. Hay otras variables que se controlan como el tiempo y el pH, como es el caso de la patente del jugo de fructosa en el cual la temperatura oscila entre los 110 y 145 °C a un pH de entre 1.5 y 3.0 en un tiempo, aproximadamente de 15 segundos a 15 minutos, respectivamente.

Hidrólisis ácida: proceso convencional para producir jarabe, a partir de las plantas de agave. Este proceso se caracteriza por la utilización de un ácido mineral como el ácido sulfúrico, el ácido fluorhídrico o el ácido clorhídrico. Si bien la inversión de capital para realizar este proceso es baja y el tiempo de procesamiento es favorable, el resultado es un jarabe de pureza media, ya que, puede contener contaminantes como hidroximetilfurfural y una coloración que va de los tonos amarillo- marrón. Ejemplo en la patente número MX 273569 B, la acidificación es por medio de resinas de intercambio iónico.

Hidrólisis enzimática: en este proceso utilizan enzimas denominadas fructano hidrolasas, las cuales se encargan de romper los enlaces de las moléculas de polifruktosa para pasar de unidades diméricas, en el caso del azúcar o poliméricas, por ejemplo la inulina, a unidades monoméricas como la glucosa y fructosa. Estas enzimas trabajan bajo ciertas especificaciones como: concentraciones de sustrato, pH específicos y temperaturas, además de que, cada enzima tiene sus propias condiciones para su rendimiento óptimo y aunque, de las que aquí hablaremos tienen condiciones parecidas no son las mismas. Por

ejemplo en la U.S. Patent 5846333 el complejo enzimático trabaja a un pH de 3.0-7.0, una temperatura de 30- 60 °C y en un tiempo de 2-8 horas a diferencia de la U.S. Patent 4.277.563 donde la enzima trabaja a pH de 4.5-6.5 a temperatura de 40-75 °C en un tiempo de 1-24 horas y una concentración de sólidos de 10 y 50% en peso.

Pasado el proceso de hidrólisis se procede con la clarificación, no importa en qué orden estén estas dos últimas operaciones, lo importante es que en esta operación se retirara la mayor parte sólidos u otras impurezas por una filtración en la que se procurara se quede la mayor parte de sólidos que estén en exceso, seguido de su paso por tierras de diatomeas, estos pasos pueden ser a la par, lo que se pretende es disminuir los grados de turbidez, que se miden en unidades de NTU. En este paso el ingenio y la tecnología son usados para filtrar, sedimentar o flocular según sea el caso de la patente que lo requiera. Como ejemplo tenemos la U.S. Patent. 4.421.852 en donde, la ultracentrifugación y las técnicas de membrana, son el proceso por el cual separan las unidades de fructosa de otros contaminantes, en este proceso el tiempo de tratamiento con la enzima se reduce, pero la desventaja es el costo de las membranas en uso, es elevado. En el caso de la patente U.S. Patent 5846333 se mezcla el jugo de agave con tierra de diatomeas para después pasar por un filtro prensa (Figura 8) de donde el jugo sale con una coloración y turbidez aceptable.



Figura 8.- Filtro prensa

Siguiendo los pasos de nuestro diagrama hablaremos de la desmineralización, las resinas de intercambio iónico y catiónico, las cuales son el medio para llevar a cabo esta operación (Figura 9). La patente U.S. Patent 5846333 trabaja las resinas catiónicas a una temperatura de 85 °C por 8-10 minutos.



Figura 9.- Resinas de intercambio iónico

Como último paso tenemos la evaporación, la cual consiste en la eliminación de agua para la concentración de azúcar hasta obtener los grados °Brix deseados, generalmente esta operación se realiza en condiciones de vacío (Figura 10). La mayoría de los procesos involucran una evaporación que es muy variable y dependiente la concentración que se desea obtener, ejemplo la patente U.S. Patent 4 277 563 en donde evaporan lo más posible hasta estar cerca de formar cristales de fructosa diferente a la patente de jugo de fructosa en donde se evapora hasta lograr una concentración de 65 °Brix.



Figura 10.- Evaporador

4.5. IMPORTANCIA DEL JARABE COMO SUSTITUTO DE AZÚCAR

Este jarabe puede funcionar como sustituto de azúcar o endulzante para todo tipo de alimentos, ya que su dulzor es neutro en comparación con el jarabe de maple, que tiene ese sabor a caramelo y a arce, y no podría ser mezclado en todos los alimentos por que daría esa característica de sabor que el jarabe de agave no proporciona. Por eso, es ampliamente utilizado como sustituto de azúcar

en la industria de las bebidas, como edulcorante de jugos de frutas, se utiliza en la elaboración de aderezos, en la industria de la panificación, como sustituto de azúcar en cualquier tipo de masa y en la industria de los lácteos.

Una de las ventajas que tiene el jarabe de agave respecto a la sacarosa sobre el uso como edulcorante es el bajo valor de índice glucémico, además de que la cantidad que se utiliza es menor porque nuestro edulcorante es 1.4 veces más dulce que el azúcar de mesa. Sin embargo una de sus principales cualidades es su bajo valor de índice glucémico, debido a que el metabolismo del jarabe muestra una lenta liberación en la glucosa postprandial, lo cual lo hace susceptible de ser consumido por personas preocupadas por sus niveles de glucosa en sangre, como es el caso de personas diabéticas y con sobrepeso.

4.6. ÍNDICE GLUCÉMICO, DESCRIPCION

El índice glucémico (IG) se define como: el incremento del área bajo la curva en respuesta a la ingesta provocado por un alimento que contiene 50 g de carbohidratos disponibles y se expresados como un porcentaje del área bajo la curva provocados por 50 g de glucosa en un sujeto (*Wolever et al., 2008*). Es utilizado como criterio de selección de alimentos y, según sea bajo o alto, ejerce un efecto significativo en las respuestas glucémica e insulínica postprandiales del diabético.

Los alimentos con un IG bajo manejan unidades menores a 55, los alimentos con IG medio tienen valores de 56-69 y los de IG alto están de 70 en adelante (*Arteaga Llona., 2006*).

Durante mucho tiempo los científicos habían pensado que los carbohidratos semejantes al almidón se digerían de forma más lenta y tenían valores de IG más bajo que los carbohidratos en forma de azúcar, pero la realidad es otra, ya que los aspectos que realmente influyen para la modificación del IG final son la forma exterior, la forma de cocinarlo, el tipo de fibra, del almidón o azúcar que contiene, esto se debe a que al momento de cocinarlos la estructura cambia, en el caso del pan hecho a base de trigo molido y horneado, tiene un valor de IG diferente al pan en donde se conserva el grano entero, en cambio si hablamos de una comida completa, el IG difícil de predecir, pero hablando de un platillo, la mezcla de proteínas y grasas ralentiza de forma significativa el metabolismo de la comida y reduce el IG global. A continuación algunos valores de IG ordenados de forma decreciente.

Tabla 3.- Valores de Índice Glucémico (IG) para diferentes alimentos (www.nutrinfo.com.ar)

Alimento	IG	Alimento	IG
Glucosa	100	Chocolate	49
Maltosa	110	Lactosa	46
Gaseosas	86	Cereal (All Bran)®	42
Corn Flakes ®	84	Trigo	41
Miel	73	Leche descremada	32
Sacarosa	65	Cebada	25
Arroz blanco	56	Fructosa	23

Uno de los principales productos con bajo IG es el jarabe de agave, en el que cabe mencionar que la fructosa es el componente principal, y del que se tiene el concepto como un edulcorante único por naturaleza, ya que cuenta con varios beneficios, entre ellos y el más importante es su bajo índice glucémico. Por esto es un producto consumido por la población diabética o personas que cuidan de su alimentación. Este jarabe presenta además elevada solubilidad y es aproximadamente 1.4 veces más dulce que el azúcar de mesa.

Aunque hay autores que prefieren no recomendarla del todo o por lo menos no una ingesta que sobre pase el nivel máximo de ingesta tolerado y recomendado, mayor a 50 g/día, ya que puede asociarse a etiologías causantes de síndrome metabólico y diabetes tipo II (*Johnson et al., 2008*), debido a que al consumir grandes cantidades de fructosa se activan las vías glicolíticas y

lipógenicas en las células hepáticas en el metabolismo de la fructosa (*Esquivel-Solís y Gómez-Salas, 2007*).

Hay otro tipo de desordenes poco frecuentes, de origen genético, como la intolerancia a la fructosa, que se clasifica según el grado de dificultad para metabolizar este azúcar (*Cornejo y Raimann, 2004*). Otros autores describen que aunque no se ha probado experimentalmente en humanos, sólo en roedores, que el exceso en el consumo de fructosa es un agente potencial causante de obesidad e hipertensión (*Johnson et al., 2008*).

4.6.1. METABOLISMO DE LA FRUCTOSA

La fructosa es un compuesto de seis carbonos que pertenece al grupo de las hexosas y su metabolismo es diferente en músculo y en hígado (Figura 11). En el primero, la fructosa es fosforilada y entra directamente como intermediario en la glucólisis. En el hígado, que contiene mayoritariamente glucocinasa específica para glucosa, la fructosa sufre una serie de modificaciones por medio de enzimas para poder ser utilizada en glicólisis. La fructosa hepática es fosforilada en el C-1 por la fructocinasa produciendo fructosa-1-fosfato (F1P). La forma de aldolasa que predomina en el hígado (aldolasa B) puede utilizar tanto la F1,6-BP como la F1P como sustratos. Por tanto cuando la enzima es expuesta a la F1P da lugar a la formación de DHAP y gliceraldehído. La DHAP es metabolizada, por la triosa isomerasa fosfato, a G3P que entra en la glicólisis. El gliceraldehído puede ser fosforilado a G3P por la gliceraldehído cinasa o convertido a DHAP por medio de

las acciones coordinadas de la alcohol deshidrogenasa, glicerol cinasa y glicerol fosfato deshidrogenasa. (Michael W. King 1997).

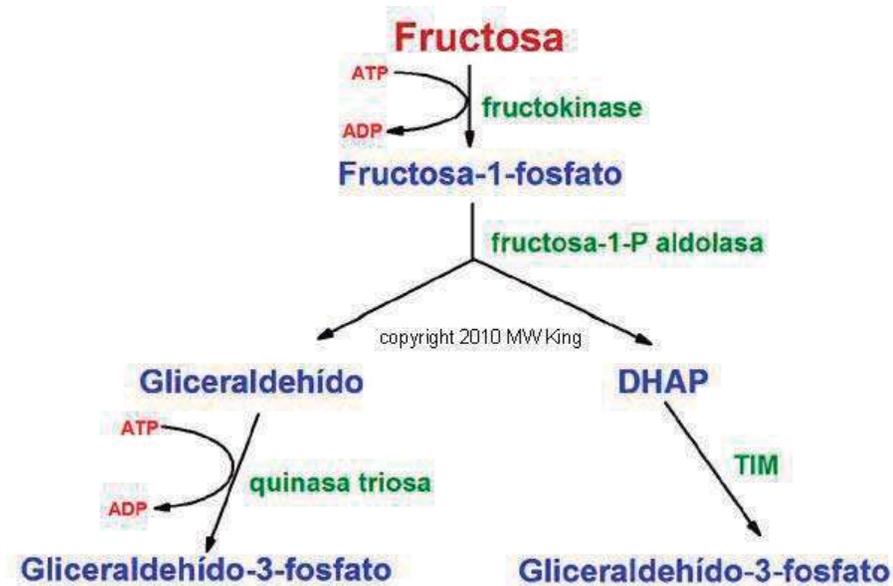


Figura 11.- Metabolismo de la fructosa

Esto en cuanto al metabolismo de la fructosa como tal, sin embargo al estar la fructosa formando un polímero, como inulina, ésta no se metaboliza sólo se fermenta, por bacterias en la región del colon.

4.6.2. JARABE DE AGAVE Y SU RELACIÓN CON LA FRUCTOSA

Por todo lo anterior resaltamos el uso del jarabe de agave como edulcorante y debido a que los productos de bajo índice glucémico en nutrición

clínica, ayudan a controlar la respuesta glucémica y hormonal en sujetos con resistencia a la insulina y diabetes (*Mesa García et al, 2009*), resalta como edulcorante natural. Es importante mencionar que las dietas con bajo IG benefician a la población en general con la prevención o retraso del desarrollo de enfermedades relacionadas con la resistencia a la insulina (*Garsetti, et al, 2005*).

5. Hipótesis

La adición de fructanos de agave no impacta en los valores de índice glucémico de jarabe de agave en individuos sanos.

6. Objetivo General

Determinar el efecto que tiene la concentración de inulina en jarabes de agave en su índice glucémico

Objetivos particulares

1. Determinar el índice glucémico del jarabe de agave estándar
2. Determinar el índice glucémico del jarabe de agave con inulina

7. MATERIALES Y METODOLOGIA

Evaluación y selección de personas

Como criterio de selección de las personas, se tomaron en cuenta parámetros como índice de masa corporal, test de tolerancia a la glucosa, con el fin de detectar deficiencias en el metabolismo de glucosa.

Evaluación de la distribución de carbohidratos del alimento prueba

Se analizaron muestras de jarabe para determinar su distribución de carbohidratos, por medio de una columna de HPLC, con el fin de conocer las concentraciones de azúcares disponibles y la cantidad de inulina presente en dichos jarabes, en este análisis no se cuantifica la cantidad de grasas o lípidos ni proteínas

8. Alimentos prueba

Se utilizaron dos alimentos de prueba, jarabe de agave estándar y con inulina, donado por Bioprocesos Fermentativos de Michoacán (Figura 12), más tres alimentos como referencia, en este caso soluciones de glucosa anhidra.



Figura 12.- Jarabe de agave “yuxi”

El alimento de referencia y los dos jarabes fueron administrados a cada individuo de forma que contuvieran 50 gr de carbohidratos disponibles, teniendo en cuenta que una solución de glucosa pura en agua fue la referencia.

El alimento de referencia fue preparado con un día de anticipación, mezclando 50 gr de glucosa pura en 250 ml de agua tibia, en vaso de precipitados con agitación constante y se guardaron en refrigeración toda una noche y se administraron a la mañana siguiente.

La glucosa fue consumida por cada individuo en tres ocasiones separadas, mientras que los dos jarabes a probar fueron consumidos por 10 individuos en sólo una ocasión.

Los jarabes a utilizar fueron el jarabe estándar y jarabe con inulina.

9. DETERMINACION DE INDICE GLUCEMICO

Este estudio se llevó a cabo utilizando metodología internacional reconocida, publicada en el “Reporte: Carbohidratos en la nutrición humana” de la FAO en 1998 y que actualmente ha sido revisado y actualizado. (Wolever *et al* 2003).

Participaron un total de 10 sujetos a los que se les pidieron datos como la edad, sexo y nacionalidad, tal como se indica en la tabla 4, se mencionó a los sujetos sobre los riesgos más frecuentes al momento que decidieron participar, estos incluyen: nauseas incluso vómito y la presencia de estos se tomo como criterio de exclusión que puede considerarse como riesgo, la punción puede resultar dolorosa o molesta y en algunos casos puede presentarse un hematoma en la zona de punción.

Tabla 4.- Datos personales de los participantes

Sujeto	Género	Edad	Nacionalidad
3	F	25	Mexicana
4	M	29	Mexicana
5	M	22	Mexicana
6	F	22	Mexicana
7	F	23	Mexicana
8	F	22	Mexicana
9	F	22	Mexicana
10	F	26	Mexicana
11	F	23	Mexicana
13	F	22	Mexicana

Se presentaron los individuos seleccionados por 5 mañanas consecutivas a las 8 am con un ayuno previo de 10 horas, en las cuales no se consumió alimento alguno. Los individuos se asearon las manos, permanecieron sentados y con el menor esfuerzo posible.

Se realizaron tomas de muestra, las cuales fueron únicamente capilares, y para esto se realizaron pequeñas heridas con lancetas desechables de penetración de 3 mm (Safety Lancet Extra, Sarstedt Ag & Co., Nümbrecht, Alemania). La muestra se colectó en un tubo para colección de sangre capilar (Multivette 600 FH, Sarstedt Ag & Co., Nümbrecht, Alemania). La primera muestra que se rotuló como el tiempo -5 y a los 5 minutos se les tomó otra muestra la cual se rotuló y se consideró como la tiempo cero. Estas dos muestras se utilizaron para obtener la glucosa basal.

Una vez realizado este paso se procedió a la ingesta del primer alimento, que en la primera sesión es el de referencia, se dispone de 12 minutos para su ingesta total antes de tomar la siguiente muestra que es a los 15 minutos. Posterior a esta las muestras se colectaron a los 30', 45',60',90' y 120'. El volumen de cada muestra fue de 0.5 ml.

Cada muestra se centrifugó inmediatamente después de ser colectada, a 3500 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente. Una vez separado el plasma del paquete globular se colectó en micro tubos con capacidad para 1.5 ml y se mantuvieron en hielo hasta el momento de su lectura, dentro de las primeras

tres horas y si no se iba a realizar la lectura en este tiempo se mantuvieron en refrigeración a -20 °C para su almacenamiento hasta el momento de su lectura.

10. MEDICION DE LAS CONCENTRACIONES EN PLASMA

Las mediciones de la concentración de glucosa en plasma se realizaron por duplicado para nuestros 10 individuos, por el método enzimático de la glucosa hexocinasa, en el equipo COBAS INTEGRA ® 400 plus

11.RESULTADOS

A cada jarabe a probar se le realizaron estudios de composición de carbohidratos disponibles e inulina (tabla 5). Podemos observar que la fructosa es la más predominante, respecto a los demás azúcares, hablando del jarabe de agave estándar, seguido de la glucosa. En el caso de los componentes del jarabe con inulina, vemos como disminuye la cantidad de carbohidratos disponibles y glucosa, originada por la adición de inulina, la sacarosa no está presente al igual que otros carbohidratos que se ve afectado de forma importante con respecto al otro jarabe.

Tabla 5.-Análisis realizados al jarabe de agave estándar y con inulina para la distribución de carbohidratos

Jarabe estándar	Jarabe inulina	
	Distribución en %	Distribución en %
Carbohidratos disponibles	92.2162	79.5257
Sacarosa	2.6735	0
Disacáridos	2.3034	2.7325
Glucosa	22.9302	16.0616
Fructosa	63.9523	60.7316
Monosacáridos	0.3568	0
Inulina	0	18.7074
Otros	7.7839	1.7668
Sólidos disueltos	67.6	67.63

Se reclutó una cantidad de personas para llevar a cabo este estudio en el que se tomaron los datos de 10 personas, las cuales aprobaron el primer requisito

que fue el de estar dentro de un rango de IMC (Índice de Masa Corporal), de entre 19-25 unidades (Tabla 6). El IMC se obtiene aplicando la siguiente fórmula a los individuos de estudio:

$$\text{IMC} = (\text{Peso kg}) / (\text{Altura en metros})^2$$

Tabla 6.- Datos obtenidos para el cálculo de IMC

Número	Género	Edad	IMC
3	F	25	21.36
4	M	29	23.78
5	M	22	23.83
6	F	22	21.51
7	F	23	20.31
8	F	22	24.95
9	F	22	21.51
10	F	26	22.25
11	F	23	22.86
13	F	22	21.50
Promedio			22.39

Una vez obtenidos los valores de IMC un segundo escrutinio fue el de estudiar la tolerancia a la glucosa. Todos los individuos que calificaron y quedaron dentro del estudio fueron tolerantes a la glucosa y presentaron concentraciones de glucosa inferiores a 120 mg/dL a los 120 minutos (Tabla 7). Es importante mencionar que, el género del participante, no es un factor determinante para el desarrollo del estudio.

Tabla 7.- Resultados del test de tolerancia a la glucosa

Individuo	0 min (mg/dl)	60 min (mg/dl)	120 min (mg/dl)
3	86	88	88
4	90	128	109
5	99	164	83
6	90	113	69
7	83	105	90
8	89	94	84
9	92	110	85
10	90	84	90
11	92	65	70
13	90	139	92

El programa de determinación de IG se estableció en 5 días, distribuyendo los alimentos de referencia en los días 1,3 y 5, y los alimentos de prueba en los días 2 y 4 (Tabla 8).

Tabla 8

Día	1	2	3	4	5
Alimento	Glucosa	Jarabe estándar	Glucosa	Jarabe inulina	Glucosa

Se obtuvieron un total de 400 muestras de sangre capilar, la cual se analizó en el equipo COBAS INTEGRA® 400 plus. Se promediaron los valores de todos los individuos para cada tiempo (Tabla 9), ajustando los valores para que al tiempo 0 el valor sea 0 (Tabla 10).

Tabla 9.- Resultados de los promedios de la concentración de glucosa en plasma y promedios del área bajo la curva

Tiempo	Promedio Glucosas	Promedio Jarabe estándar	Promedio Jarabe inulina
0	88.69	92.7	81.75
15	117.43	107.85	91.1
30	142.39	111.27	102.4
45	134.71	102.44	90.25
60	119.99	98.47	85.3
90	114.025	93.45	82.25
120	92.75	90.85	83.15
ABC	3496.1	1145.27	752.33

Tabla 10.- Ajustes en los promedios de la glucosa basal

Glucosa	Jarabe estándar	Jarabe Inulina
0	0	0
28.74	15.15	9.35
53.7	18.57	20.65
46.02	9.74	8.5
31.3	5.77	3.55
25.335	0.75	0.5
4.06	-1.85	1.4

Estos resultados se explican mejor en una gráfica de la figura 13, donde se observa el comportamiento característico que se esperaba para los jarabes y la glucosa.

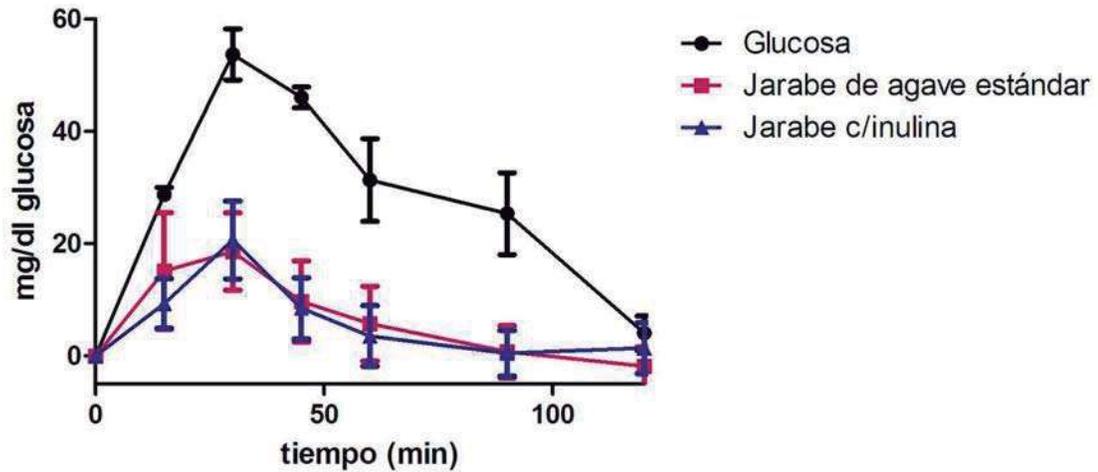


Figura 13.- Cambio en la glucosa plasmática respecto a la glucosa basal provocada por la ingesta de 50g de carbohidratos disponibles. La simbología de las líneas esta descrita en la figura.

Encontramos un comportamiento característico de cambio de glucosa plasmática para todos los casos, resultando la concentración más alta a los 30 min (figura 13). La glucosa presentó el mayor incremento de glucosa plasmática, respecto al tiempo, no resultando igual para la fructosa de los jarabes. No se observaron diferencias entre el jarabe con inulina y sin inulina. Para determinar el IG de cada alimento se calculó el ABC (área bajo la curva) y se encontraron los valores de IG, que se muestran en la Tabla 11, del análisis estadístico.

Los valores de IG se calcularon de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IG = ((\text{Área bajo la curva del alimento}) / (\text{Área bajo la curva de la referencia})) * 100$$

(Sugiyama et al., 2003)

12. ANALISIS ESTADISTICO

Los valores de IG del jarabe estándar y con inulina son 27 y 23, respectivamente. Al analizar los valores de IG para cada individuo con la prueba de Fisher LSD vemos que no se presentan diferencias significativas entre los valores encontrados (Tabla 11).

Tabla 11.- Estadísticos

Alimento	Índice glucémico
Jarabe de agave estándar	27 ^a
Jarabe de agave con inulina	23 ^a

Letras iguales no representan diferencia significativa al aplicar la prueba de Fisher LSD con $P < 0.05$

13.DISCUSION

El análisis de distribución de carbohidratos para el jarabe de agave estándar sugiere que se trata de un producto que en su mayor concentración es fructosa seguido de la glucosa y otros, que si se compara con los resultados para el jarabe de agave con inulina, se puede observar una marcada diferencia en la cantidad de carbohidratos disponibles. En la tabla 5 se muestra una comparación de los jarabes, en donde la cantidad de carbohidratos disponibles, como es el caso de la glucosa, disminuye por la aparición de la inulina, que como ya sabemos, es una fibra soluble. La sacarosa ya no aparece, la proporción de glucosa se ve más desplazada que la fructosa. Otro cambio importante es en el grupo de “otros”, que está compuesto por otros carbohidratos, este se ve desplazado en una proporción similar a la de la glucosa. Comparando los valores de la NMX-ff-110-SCFI-2008 con los de la tabla 5 vemos que los de la norma son elevados en cuanto a la concentración de fructosa, que dice que debe ser por lo menos de 80%, y más bajos en la concentración de glucosa, máximo 15%, por otro lado los valores de grasa y proteína no aparecen porque son mínimos.

Tomamos un total de diez participantes para el desarrollo de este estudio, de los cuales 8 fueron participantes femeninos y dos fueron masculinos, además los diez seleccionados aprobaron satisfactoriamente una serie de pruebas físicas y fisiológicas, entre la pruebas fisiológicas destaca una de las pruebas más importantes, como lo es el test de tolerancia a la glucosa, lo que junto al historial clínico nos ayudaría a descartar posibles deficiencias en el metabolismo de

carbohidratos. Como pruebas físicas consideramos el peso, edad, IMC, nacionalidad y sexo, de estas pruebas el parámetro más importante es el IMC, es necesario estar dentro de las unidades marcadas como normales, estos valores se calculan con una sencilla fórmula sólo teniendo como dato el peso y la estatura del individuo, nuestro valor promedio fue de 22.39, no dejando de lado que el rango de valores normales está entre 19-25 unidades.

La concentración de glucosa plasmática se comporta de forma similar en la mayoría de los individuos tanto para el alimento de referencia como para los de prueba, en la figura 13, se grafica la diferencia de la glucosa plasmática de la glucosa basal, vemos que el comportamiento de los jarabes es similar entre ellos.

Si comparamos los promedios de IG de todos los individuos en donde vemos un comportamiento similar para los dos jarabes (figura 14), sabiendo que el ratio fructosa-glucosa es diferente, se sugiere que a esto se le puede atribuir la diferencia entre índice glucémico, reportado para jarabes comerciales con inulina, ya que si se consume la misma cantidad que el jarabe de agave estándar no se tiene la misma ingesta de fructosa, debido a que la inulina está ocupando el espacio de la fructosa, pero en este estudio se aseguró la misma cantidad de azúcares disponibles en la dosis de cada individuo.

La afirmación, sobre el ratio fructosa-glucosa, se basa en diversas observaciones que se han hecho con otros jarabes (Tabla 1), observamos que un jarabe de agave que tiene una concentración de fructosa de 97% tiene el más bajo índice glucémico de la tabla, el jarabe de agave que tiene 75% de concentración

de fructosa tiene un valor de IG de 30 unidades, comparándolo con los resultados obtenidos vemos que son semejantes, pero si lo comparamos con otros productos como la miel de abeja, la fructosa o el jarabe de alta fructosa, vemos que nuestros valores son aún más bajos.

Otros marcas como jarabe de agave “Venus”® reportan valores de IG de 17.1 ± 3.2 y reportan 0% en la composición de fibra, sin embargo contienen hasta un 25% de inulina. Inicialmente se pensaba que la inulina sería el agente causal del descenso en el Índice Glucémico, del jarabe que la contiene, pero esta al ser solo una fibra, se descarta como posibilidad.

En la figura 14 se muestra la comparación de los valores de IG para cada individuo donde observamos que la mayoría de los individuos muestra un ligero descenso en el valor de IG del jarabe con inulina respecto al encontrado en el jarabe estándar.

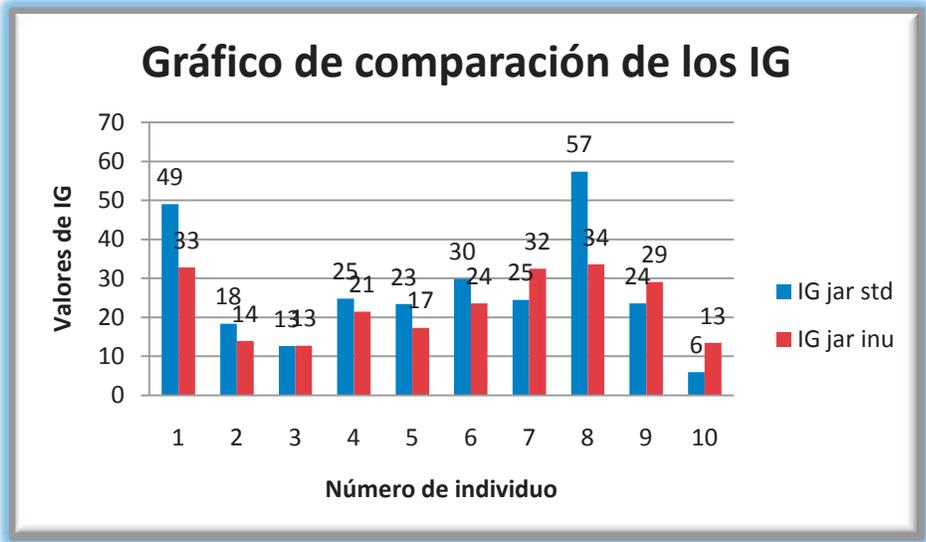


Figura 14.- Comparación de los valores de IG entre cada individuo.

La campana de distribución, muestra que la mayoría de los valores de IG de cada individuo, caen en el promedio o cerca del promedio. Debido a que hay una distribución normal, se puede realizar la prueba de Fisher LSD.

La línea del gráfico de la figura 15 nos habla del promedio, para el que la parte más elevada de la curva hace referencia, la barra más pronunciada nos dice que la mayor cantidad de sujetos se encuentra en el rango 15-50, con tendencia a mantener los valores más elevados. En los extremos observamos barras con los valores más alejados del promedio, debido al comportamiento diferente en el metabolismo del jarabe, en cada individuo.

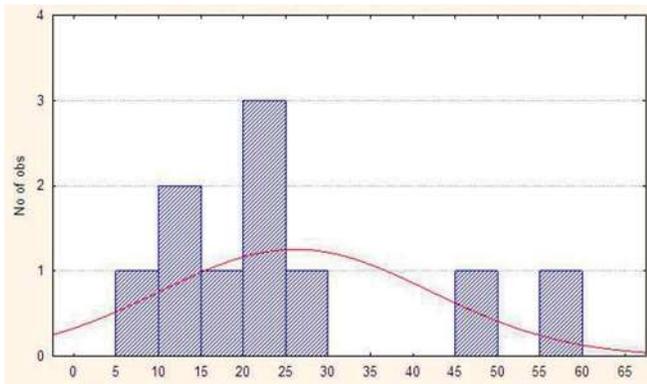


Figura 15.- Campana de distribución para Jarabe de agave estándar

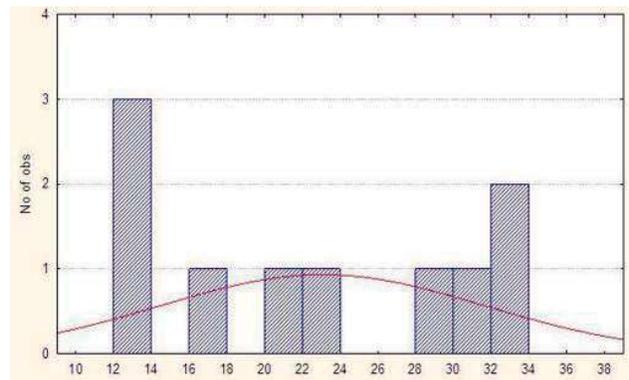


Figura 16.- Campana de distribución para Jarabe de agave con inulina

La campana de distribución de la figura 16, nos muestra la tendencia del jarabe, a los valores menores, en comparación con el anterior. La mayor población esta de 24 a 12, pero los extremos al marcar valores más elevados, hacen que en la estadística no haya diferencia significativa.

Conclusión

La adición de fructanos de *Agave tequilana weber azul* no modifica los valores de índice glucémico de forma significativa en las dos variedades de jarabe: estándar y con inulina en individuos sanos. Los dos productos representan una excelente opción como alimento de bajo índice glucémico, además de que el sabor en el jarabe con fructanos de agave no es modificado de tal forma que pueda ser identificado por la incorporación de inulina.

BIBLIOGRAFIA

Arteaga L. A. **Índice Glicémico. Una controversia actual.** Pontificia Universidad Católica de Santiago de Chile. Facultad de Medicina. Departamento de Diabetes, Nutrición y Metabolismo. 2006.

Busserolles J. Gueux E. Rock E. Demigné C. Mazur A. Rayssiguier Y. **Oligofructose protects against the hypertriglyceridemic and pro-oxidative effects of a high fructose diet in rats.** The Journal of nutrition;133(6):1903-8. 2003

Cornejo E V. Raimann B. E. **Fructose Metabolism Defects.** Rev Chil Nutr 31(2): 2004.

Esquivel S. V., Gómez S. G. **Implicaciones metabólicas del consumo excesivo de fructosa.** Escuela de Nutrición, Departamento de Bioquímica, Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica . Rev. chil. nutr. 49 (4), 2007.

García P. P., Breton L. I., De la Cuerda C. C. y Cambor Á. M. **Metabolismo colónico de la fibra.** Nutricion Hospitalaria , pag. 11-16 . CODEN NUH0EQ. 2002.

Garsetti M., PhD Vinoy S. PhD , PhD, Lang V, PhD, Holt S., PhD, Loyer S., MSc, J Brand-Miller J.C., PhD. **The Glycemic and Insulinemic Index of Plain Sweet Biscuits: Relationships to *in Vitro* Starch Digestibility.** Nutrition Unit, School of Molecular and Microbial Biosciences, The University of Sydney, Australia (S.H., J.C.B.-M.) 2005.

Johnson J. R., Segal M. S., Sautin Y., Takahiko Nakagawa., Feig I. D. Duk-Hee Kang, Gersch M. S., Benner S., and Sa´nchez-Lozada L. G. **Potential role of sugar (fructose) in the epidemic of hypertension, obesity and the metabolic syndrome, diabetes, kidney disease, and cardiovascular disease.** The American Journal of Clinical Nutrition. 2008.

Richard J.J., Perez-Pozo S. E., Sautin Y. Y., Manitius J., Sanchez-Lozada L.G., Feig D. I., Shafiu M., Segal M., Richard J. Glassock, Michiko Shimada, Roncal C. and Nakagawa T. **Hypothesis: Could Excessive Fructose Intake and Uric Acid Cause Type 2 Diabetes?** Endocrine Reviews, doi:10.1210/er.2008-0033

Legorreta P. E. **Proceso, composición y usos de la inulina de agave en polvo y solución.** WO 02/066517. 2002.

López C. JM., Ariza A. CR, Rodríguez M. JR. **Construcción y validación inicial de un instrumento para medir el estilo de vida en pacientes con diabetes mellitus tipo 2.** Salud pública de México / 45(4). 2003.

López, M.G., N.A. Mancilla M. G. Mendoza D. **Molecular structures of fructans from Agave tequilana Weber var. azul.** J. Agric Food Chem. 51(27): 7835-7840. 2003.

Lutz M./ Edel L. A. **Aspectos nutricionales y saludables de los productos de panificación.** Universidad de Valparaíso-Editorial 2009.

Mesa G. M., Buccianti G, García R. C., Olza M. J, Moreno T. R, Pérez de la C. A, Hernández G. A. **RESPUESTA GLUCÉMICA Y DE PÉPTIDOS GASTROINTESTINALES EN SUJETOS SANOS TRAS LA INGESTA DE UN SUPLEMENTO NUTRICIONAL ESPECÍFICO PARA DIABÉTICOS.** Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular II. Universidad De Granada. 2009.

Partida, V. Z., López A. C., Gómez, Á. De J. M. **Method of producing fructose syrup from agave plants.** United States Patent 5846333. 1998. <http://www.freepatentsonline.com/5846333.html>

Prabhjot K. G., Rajesh K. M., Prabhjeet S. **Hydrolysis of inulin by immobilized thermoestable extracellular exoinulinase from Aspergillus fumigates.** 2005.

Roberfroid M. B., Van Loo J. A.E.†, and Gibson G. R.****The Bifidogenic Nature of Chicory Inulin and Its Hydrolysis Products.** The Journal of Nutrition 128(1)1998.

Salazar S. V. **La industria del bacanora: historia y tradición de resistencia en la sierra sonorense.** Región y sociedad v.19 n.39 México. 2007.

Sosa A. C.R., J.A. Villegas, J.M. Sánchez. 2005. **El mezcal tequilero fuente de productos alternos al tequila.** El agave gaceta informativa, V(13):5-7.

Sugiyama, M., Tang A C, Y Wakaki and W Koyama. **Glycemic index of single and mixed meal foods among common Japanese foods with white rice as a reference food.** European Journal of Clinical Nutrition **57**, 743–752, 2003.

Thomas MS Wolever, Brand J. C., Abernethy J. **Measuring the glycemic index of foods: interlaboratory study.** The American Journal of Clinical Nutrition. 2008.

Urías. J. E., López M.G.. **Efecto prebiótico de los fructanos de agave.** 1er Encuentro. Participación de la mujer en la ciencia. León Guanajuato. 2004.

W. King M. **Metabolism the major Non-Glucosa Sugars.** University of California at Riverside 1997.